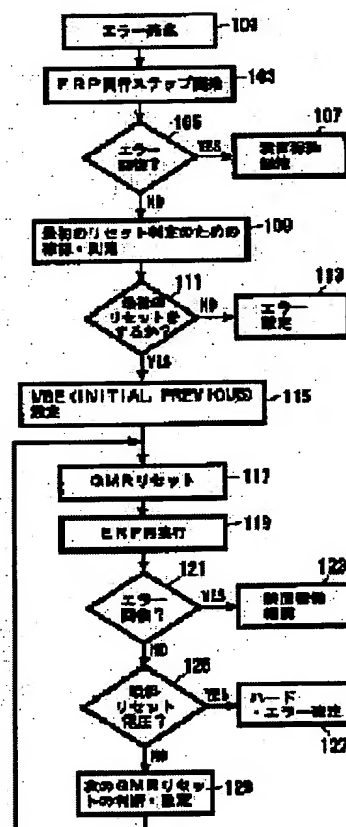


ERROR RESTORING METHOD OF INFORMATION RECORDING AND REPRODUCING DEVICE USING GMR SENSOR AND DEVICE THEREFOR

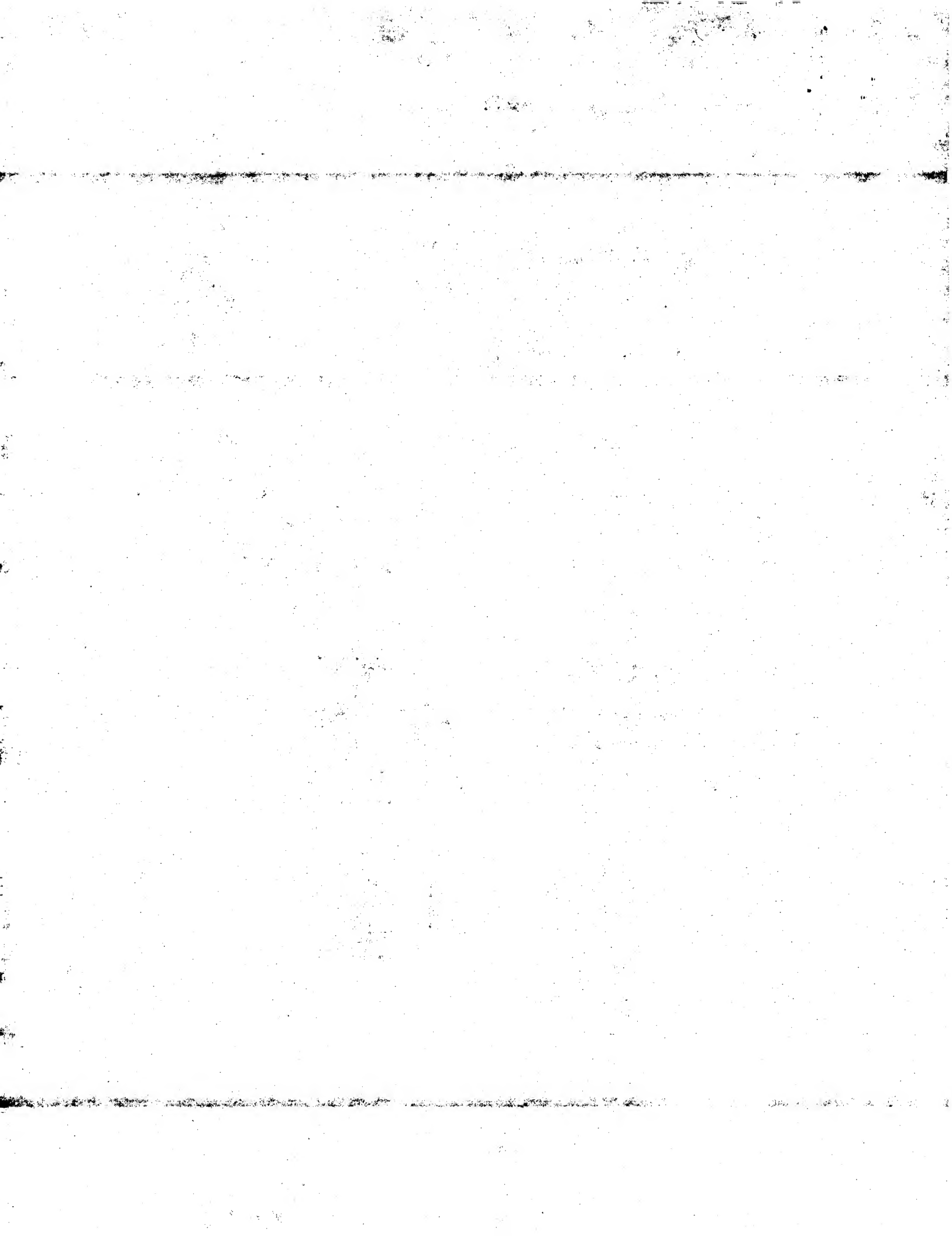
Patent number: JP11191201
Publication date: 1999-07-13
Inventor: SUZUKI HIROMASA; KURACHI KOJI; SUDA KATSUMI;
 ASANO HIDEO; OKADA KENJI; TAKASE MAKOTO;
 KIHASHI AKIRA; NISHINOMIYA HIROMI; MATSUI
 TAKAO; ENDO TATSUYA; KUROKI KENJI
Applicant: INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>
Classification:
 - International: G11B5/02; G11B5/09; G11B5/39; G11B5/455;
 G11B20/18; G11B20/18; G11B20/18
 - european:
Application number: JP19970356896 19971225
Priority number(s):

Abstract of JP11191201

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the performance of an information recording/reproducing device using a GMR (giant magnet resistance) sensor.
SOLUTION: This method aims at the restoration of an operating error generated in an information recording/reproducing device including a storage medium, a head using a GMR sensor, an actuator arm for mounting the head and locating the head on a prescribed position on the front surface of the storage medium and a control part for controlling the operation of the actuator arm and read/write operation. At this time, it comprises a step for executing a first error restoring procedure 103, a step for executing a first GMR evaluating procedure 109 for evaluating the performance of the GMR sensor when the operating error is not restored in the first error restoring procedure and a step 117 for impressing a reset pulse to the GMR sensor in accordance with the first GMR evaluating procedure.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-191201

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月13日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I		
G 1 1 B	5/02	G 1 1 B	5/02	Z
				U
5/09	3 2 1	5/09	3 2 1	Z
5/39		5/39		
5/455		5/455		Z

審査請求 有 請求項の数18 OL (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-356896

(22) 出願日 平成9年(1997)12月25日

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州

アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 鈴木 宏昌

神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・

ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

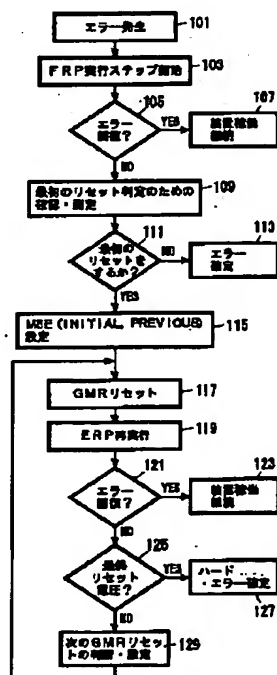
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 GMRセンサを使用した情報記録再生装置のエラー回復方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 GMRセンサを使用した情報記録再生装置の性能の向上を図る。

【解決手段】 記憶媒体と、GMRセンサを使用したヘッドと、該ヘッドを装着し該ヘッドを前記記憶媒体の表面上の所定位置に位置付けるアクチュエータ・アームと、該アクチュエータ・アームの動作および読み書き動作を制御する制御部とを含む情報記録再生装置に発生した動作エラーを回復する方法であって、前記動作エラーの回復を図るための第1のエラー回復手順103を実行するステップと、前記第1のエラー回復手順で動作エラーを回復できないときに前記GMRセンサの性能を評価する第1のGMR評価手順109を実行するステップと、前記第1のGMR評価手順に応じて前記GMRセンサにリセット・パルスを印加するステップ117とを有する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記憶媒体と、GMRセンサを使用したヘッドと、該ヘッドを装着し該ヘッドを前記記憶媒体の表面上の所定位置に位置付けるアクチュエータ・アームと、該アクチュエータ・アームの動作および読み書き動作を制御する制御部とを含む情報記録再生装置に発生した動作エラーを回復する方法であって、前記動作エラーの回復を図るための第 1 のエラー回復手順を実行するステップと、

前記第 1 のエラー回復手順で動作エラーを回復できないときに前記 GMRセンサの性能を評価する第 1 の GMR 評価手順を実行するステップと、

前記第 1 の GMR 評価手順に応じて前記 GMRセンサにリセット・パルスを加えるステップとを有する方法。

【請求項 2】 さらに、前記動作エラーの回復を図るための第 2 のエラー回復手順を実行するステップと、

前記第 2 のエラー回復手順で動作エラーを回復できないときに前記 GMRセンサの性能を評価する第 2 の GMR 評価手順を実行するステップと、

前記第 2 の GMR 評価手順に応じて前記 GMRセンサにリセット・パルスを加えるステップとを有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】 前記第 1 の GMR 評価手順が、前記ヘッドと前記記憶媒体との間の物理的接触の有無を判断する項目、前記記憶媒体への反規則的な書き込みの有無を判断する項目、前記ヘッドで前記記憶媒体からビット・パターンを読み取って生成した再生信号のマーゼンを判断する項目、前記動作エラーを生じたアドレスの近隣にあるアドレスの読取り可否を判断する項目、前記第 1 のエラー回復手段における実行が禁止されている実施項目の存否を判断する項目、前記動作エラーを生じたアドレスの近隣トラックへのシークの可否を判断する項目、サーボ信号の安定性を判断する項目、前記ヘッドで前記記憶媒体からビット・パターンを読み取って生成した再生信号波形の誤差を判断する項目、リアサインの原因ヘッドとリアサインの行先ヘッドの同一性を判断する項目のうち少なくともいずれか 1 つを有する請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】 前記第 2 の GMR 評価手順が、前記ヘッドで前記記憶媒体からビット・パターンを読み取って生成した再生信号波形の誤差測定を含む請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】 前記ビット・パターンが、前記記憶媒体のキャリブレーション・セクタにあらかじめ記憶された標準ビット・パターンである請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】 前記第 1 の GMR 評価手順または前記第 2 の GMR 評価手順に応じてリセット・パルスを加えるステップが、前記ヘッドを前記記憶媒体が発生する磁力線の影響がない位置に位置付けてからリセット・パルスを加えるス

2

テップを含む請求項 1 または請求項 2 記載の方法。

【請求項 7】 前記第 1 の GMR 評価手順または前記第 2 の GMR 評価手順に応じて前記リセット・パルスを加えるステップが、

前記記憶媒体の一部に DC イレイスした領域を提供するステップと、

前記ヘッドを前記 DC イレイスした位置に位置付けてから前記リセット・パルスを加えるステップとを含む請求項 1 または請求項 2 記載の方法。

【請求項 8】 前記ヘッドを前記 DC イレイスした位置に位置付けるステップが、リセット・パルスの印加に係るヘッド以外のヘッドでサーボ・データを読み取るステップを含む請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】 記憶媒体と、GMRセンサを使用したヘッドと、該ヘッドを装着し該ヘッドを前記記憶媒体の表面上の所定位置に位置付けるアクチュエータ・アームと、該アクチュエータ・アームの動作および読み書き動作を制御する制御部とを含む情報記録再生装置に発生した動作エラーを回復する方法であって、

前記動作エラーの回復を図るための第 1 のエラー回復手順を実行するステップと、

前記第 1 のエラー回復手順で動作エラーを回復できないときに前記 GMRセンサの性能を評価する第 1 の GMR 評価手順を実行するステップと、

前記第 1 の GMR 評価手順に応じて前記 GMRセンサにリセット・パルスを加えるステップと、

前記動作エラーの回復を図るための第 2 のエラー回復手順を実行するステップと、

前記第 2 のエラー回復手順で動作エラーを回復できないときに前記 GMRセンサの性能を評価する第 2 の GMR 評価手順を実行するステップと、

前記第 2 の GMR 評価手順に応じて前記 GMRセンサにリセット・パルスを加えるステップと、

前記第 2 のエラー回復手順を実行するステップ、前記第 2 の GMR 評価手順を実行するステップ、および前記第 2 のエラー回復手順に応じて前記 GMRセンサにリセット・パルスを加えるステップとを繰返すステップとを有する方法。

【請求項 10】 前記第 2 の GMR 評価手順に応じて前記 GMRセンサにリセット・パルスを加えるステップが、

リセット・パルスの振幅をリセット・パルスの印加回数の上昇と共に徐々に上昇させるように選定するステップを含む請求項 9 記載の方法。

【請求項 11】 さらに、前記リセット・パルスの振幅の上限を前記第 2 の GMR 評価手順に応じて設定するステップを有する請求項 10 記載の方法。

【請求項 12】 前記第 2 の GMR 評価手順が、前記記憶媒体からビット・パターンを読み取って生成した再生

3

信号波形の誤差測定を含む請求項9記載の方法。

【請求項13】 前記第2のエラー回復手順に応じて前記GMRセンサにリセット・パルスを印加するステップが、
前記第2のGMR評価手順で実施した評価において、直前のリセット・パルス印加後の再生信号波形の誤差がそれ以前のリセット・パルス印加後の再生信号波形の誤差より多い場合にリセット・パルスの印加を中止するステップを含む請求項9記載の方法。

【請求項14】 記憶媒体と、GMRセンサを使用した10
ヘッドと、該ヘッドを装着し該ヘッドを前記記憶媒体の表面上の所定の位置に位置付けるアクチュエータ・アームと、該アクチュエータ・アームの動作および読み書き動作を制御する制御部とを含む情報記録再生装置に発生した動作エラーを回復する方法であって、
前記動作エラーの回復を図るためのエラー回復手順を実行するステップと、
前記エラー回復手順で実行したリアサイン数をヘッド毎にカウントするステップと、
前記カウントされたリアサイン数をヘッド毎に評価する20
ステップと、
前記リアサイン数のヘッド毎の評価に応じて前記GMRセンサにリセット・パルスを印加するステップとを有する方法。

【請求項15】 さらに、
前記記憶媒体に記憶されたビット・パターンを読み取って生成した再生信号波形の誤差を測定するステップと、
前記生成した再生信号波形の誤差を評価するステップとを有する請求項14記載の方法。

【請求項16】 さらに、30
前記記憶媒体のリアサインのための代替セクタに余裕があるか確認するステップと、
実施済みのリアサインを回復できるかどうかを確認するステップと、
前記確認するステップの結果に応じて前記実施済みのリアサインをキャンセルし前記代替セクタのスペースを拡大するステップとを有する請求項15記載の方法。

【請求項17】 記憶媒体と、GMRセンサを使用した40
ヘッドと、該ヘッドを装着し該ヘッドを前記記憶媒体の表面上の所定の位置に位置付けるアクチュエータ・アームと、該アクチュエータ・アームの動作および読み書き動作を制御する制御部とを含む情報記録再生装置に発生した動作エラーを回復する方法であって、
前記動作エラーの回復を図るためのエラー回復手順を実行するステップと、
前記エラー回復手順で実行したダミー書込みの数をヘッド毎にカウントするステップと、
前記カウントされたダミー書込みの数をヘッド毎に評価するステップと、
前記ダミー書込みの数のヘッド毎の評価に応じて前記G

4

MRセンサにリセット・パルスを印加するステップとを有する方法。

【請求項18】 記憶媒体と、GMRセンサを使用したヘッドと、該ヘッドを装着し該ヘッドを前記記憶媒体の表面上の所定位置に位置付けるアクチュエータ・アームと、該アクチュエータ・アームの動作および読み書き動作を制御する制御部とを含む情報記録再生装置であって、
前記制御部または前記記憶媒体が請求項1ないし請求項17のいずれか1つに記載の方法をコンピュータに実行させるコンピュータによる読取り可能なプログラムを記憶している情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、巨大磁気抵抗センサ（以後GMRセンサという。）を使用した情報記録再生装置に関連し、より詳細には情報記録再生装置におけるGMRセンサの性能の回復技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、磁気ディスク装置の再生ヘッドとして異方性磁気抵抗効果を利用したMRセンサが使用されてきたが、近年より再生能力に優れたGMRセンサが使用されてきている。GMRセンサは巨大磁気抵抗（Giant Magnetoresistance）効果を利用することにより、媒体に記憶された低い磁界に対しても高い磁気抵抗の変化を示し、高い記録密度を実現することができる。GMRセンサに関しては、IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 30, NO. 6, NOVEMBER 1994, "Design, Fabrication & Testing of Spin-Valve Read Heads for High Density Recording"に記載されている。一般的にGMRセンサは非強磁性層を挟んで2つの強磁性層を配置する。一方の強磁性層を自由層といい、その磁化の方向は外部磁界のない状態では一定方向に向いているが、外部磁界が加えられるとその方向に自由に回転することができる。他方の強磁性層をピン止層といい、その磁化の方向は外部印加磁界のない状態で自由層の磁化の方向と90度になる方向に固定され外部磁界で変化しない。ピン止層の磁化方向を固定するために、ピン止層に直接接触するように固定層という反強磁性層を付着する。固定層は交換結合によりピン止層の磁化方向をピン止め（Pinning）するために固定磁界を提供する。ディスクの表面にセンサを近づけると、ディスク表面の磁束の方向に応じて自由層の磁化方向が変化しセンサの電気抵抗も変化する。センサにあらかじめバイアス電流を供給しておけば、磁化方向の変化としてディスクに記憶したデータを読み取ることができる。

【0003】 反強磁性層（固定層）を所定の方向に磁化するには、反強磁性層を加熱してブロッキング（blocking）温度以上にし、ピン止めするのに適した磁界が存在するなかで冷却する。ブロッキング温度は、反強磁性層

5

の交換異方性が消滅する温度である。磁気ディスク装置で使用しているGMRセンサの温度が、ディスク装置内部の温度上昇、GMRセンサと記憶媒体である磁気ディスクとの物理的接触、およびバイアス電流による加熱等で温度ストレスを長時間受けると、周囲に存在する磁界の影響によりピン止層を初期の方向にピン止めできなくなり、増幅率が低下したり再生波形が変形して所定の性能を発揮でなくなつてユーザ・データまたはサーボ・データの読取りエラーに関連して動作エラーを生じる。

【0004】本発明の出願人が所有する米国特許第5、10650、887号には、磁気ディスク装置で使用しているGMRセンサの固定層の磁化の方向が、所定の方向からずれてきた場合にこれを検知し、所定の電流パルスを加えて回復を図るシステムが開示されている。この特許発明では、ユーザ・データに読取りエラーが生じたときにサーボ・データの読取りエラーが原因かどうか、および自動利得制御回路の増幅率が所定値以上あるかどうかを判断したのちにGMRセンサにリセット・パルスを送る。さらに、リセット・パルスを印加した後に通常のエラー回復動作に移行する。リセット・パルスはGMRセンサをブロッキング温度以上に加熱するのに十分な値の部分と、GMRセンサをブロッキング温度以下にしかつ所定方向の磁界を与える部分とを含む。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 磁気ディスク装置のアクチュエータ・アームに装着されているGMRセンサの性能は、稼働中の装置の動作エラー表示を通じて知ることができる。しかし、動作エラーはスピンドルのゆれや装置の振動等のGMRセンサの性能低下以外の原因でも発生する。GMRセンサの性能の低下に基づくエラーは、他の原因に基づくエラーと共に装置内部で認識され、エラー回復プログラム(ERP)で処理される。性能が低下していないGMRセンサにエラー回復用のリセット・パルスである電流または電圧パルスを加えてGMRリセットをすると、むしろGMRセンサの性能を逆に低下させることがある。また、一度のリセット・パルスの印加で性能が回復しないときには、リセット・パルスの振幅を徐々に増大させてさらに数回GMRリセットを繰返して回復を図ることができるが、リセット・パルスの印加で性能が逆に低下したGMRセンサにさらにリセット・パルスを加えても性能の回復を図ることができない場合が多い。性能の低下していないGMRセンサに対してリセット・パルスの振幅を増大させてリセット・パルスを印加し続けるとGMRセンサは損傷してしまう。

【0006】GMRセンサの性能が低下すると、ERPは読みにくくなったまたは書けなくなったセクタを代替セクタにリアサインしてエラーの回復を図るが、代替セクタ数は有限であり代替セクタを使用し尽くしてしまうと以後のエラーをリアサインでは回復できなくなり、また代替セクタの使用は磁気ディスクへのヘッドのアクセ

6

ス速度を低下させるので好ましくない。さらに、磁気ディスク装置の記憶媒体は表面に磁界を発生させるので、GMRセンサにリセット・パルスを印加した瞬間にその磁界の影響を強く受けるとGMRリセットの効果を十分に得ることができない。

【0007】したがって本発明の目的は、GMRセンサを使用した磁気ディスク装置等の情報記録再生装置の性能および信頼性の向上を図ることにある。具体的に本発明の目的は、従来のERPでは回復できないエラーが装置に生じたときに、GMRリセットをする前にGMRセンサが原因かどうかを判断して、不用意なGMRリセットでセンサの劣化を促進することなくGMRリセットの有効性を高め、迅速にエラーを回復することにある。さらに本発明の目的は、2回目以降にGMRリセットをする際には、最初のリセット前のヘッドの性能と当該予定リセット以前に実施したリセット後のヘッドの性能から、直前のリセットがセンサの性能を逆に低下させていなかったかどうかを判断して当該予定リセットをするかどうかを決定し、2回目以降のリセットの確実性を高めるとともにGMRセンサの損傷を防止することにある。また本発明の目的は、ERPでエラーを回復できる場合であっても、読取りまたは書込みエラーにより生じたセクタのリアサインの数をカウントし、ヘッド毎のリアサイン数によりリセットしてリアサインによるヘッドのアクセス時間の増大を防止すると共に、リアサインのための代替セクタが使い尽くされてしまうことを防止することにある。さらに本発明の目的は、装置内で記憶媒体が発生する磁界の影響を排除してGMRリセットを高速かつ確実に起こすことにある。さらにまた本発明の目的は、上記エラー回復方法を適用した磁気ディスク装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の原理は、GMRセンサを使用したヘッドを備える情報記録再生装置の動作エラーを回復する際に、エラーの原因がGMRセンサにあるかどうかを確認したのちにGMRセンサにリセット・パルスを印加することにある。本発明の一態様によれば、動作エラーが発生した後に第1のエラー回復手順を実行する。第1のエラー回復手順には、リセット・パルスの印加を含んでいないので、動作エラーの原因がGMRセンサの性能低下にある場合は、第1のエラー回復手順ではエラーが回復できない場合がある。このとき、ただちにGMRリセットをするのではなく、第1のGMR評価手順を実行して、GMRセンサにエラーの原因があることを確認する。この構成により、エラーを回復できない原因がGMRセンサ以外にある場合に、GMRリセットをしてしまうことでセンサの性能を劣化させるケースを防止でき、かつエラーの回復を迅速に実行できる。

【0009】本発明の他の態様によれば、リセット・パ

7

ルスを印加した後に第2のエラー回復手順を実行し、それでもエラーが回復できないときは第2のGMR評価手順を実行した後にさらにリセット・パルスを印加する。この構成により、直前のGMRリセットでGMRセンサの性能を回復できない場合に、2回目以降のGMRリセットを繰返すことでGMRセンサの性能を回復できる。さらに第2のGMR評価手順でGMRリセットによりかえってセンサの性能が低下していると判断した場合は、リセット・パルスの印加がセンサの性能回復に有効ではないと判断でき、GMRリセットを不用意に繰返してセンサを損傷させてしまうことを防止できる。

【0010】本発明のさらに他の態様によれば、第1のGMR評価手順の評価項目として、種々の態様を提供する。評価項目は少なくとも1項目必要であるが、複数組み合わせさせて精度の向上を図ることができる。さらに第2のGMR評価手順は、ユーザ・データのビット・パターンまたは専用のキャリブレーション・セクタに記録した標準のビット・パターンを利用してGMRリセットをした後のセンサの性能が変化したかどうかを直接的に測定できる項目を選定し性能評価の精度を向上できる。

【0011】本発明の他の態様によれば、エラー回復手順を実行する過程でリアサインをした場合にその数をカウントし、その数に応じてGMRリセットをする。したがって、GMRセンサの劣化が進行してリアサイン数が増大することにより装置のアクセス時間が増大した状態を早期に解消することができ、代替セクタが使い尽くされてしまうことを防止できる。さらに、リアサイン数増大の原因がGMRセンサにあることを確認するために再生信号波形の誤差を評価し、GMRリセットの有効性を高めることができる。さらにGMRリセットした後に、たとえばリアサイン元のセクタに読み書きできるかどうかをチェックすることにより、実行済みのリアサインを回復できるかどうかを確認する。リアサインの原因がGMRセンサにあり、GMRリセットでヘッドの性能が回復している場合は、リアサインをキャンセルして代替セクタのスペースを拡大し、さらにヘッドのアクセス時間を短縮できる。さらに、リアサイン数に代えてダミー書き込みの数をGMRセンサの劣化を示す指標として、同様にリセットの判断に使用できる。

【0012】本発明の他の態様によれば、リセット・パルスを印加する際にヘッドを記録媒体が発生する磁力線の影響がない位置に位置付けてGMRリセットを有効に実施する。磁力線の影響がない位置を得るには、磁気ディスク上の記録領域に設けた専用のDCイレイスされた領域、あるいはデータおよびサーボ・データのいずれも記憶されていない最外周または最内周のシリンダにヘッドを位置付けてもよい。また、装置を停止させてGMRリセットをする場合は、CSS方式の装置では非記録領域にヘッドを位置付けてもよく、またロード・アンロード方式の装置では、ランプにヘッドを位置付けてもよ

8

い。

【0013】

【発明の実施の形態】 図1ないし図3により本発明の実施例を適用した磁気ディスク装置を説明する。図1は磁気ディスク装置の概略平面図、図2は図1の磁気ディスクおよびアクチュエータ・アーム部を示した概略概略側面図、図3は概略ブロック図である。磁気ディスク11はスピンドル軸13に3枚積層して取り付けられ、データの書き込みまたは読出し時は、スピンドル・モータ（図示せず）により矢印Bの方向にスピンドル軸13と共に回転させられる。各磁気ディスク11は情報の記録に利用する記録領域15と、磁気ディスク11の回転を停止させる際に磁気ヘッド17を位置付ける非記録領域19を含む。記録領域15は複数の円環状のトラックに区分され、各トラックは、それぞれ同期信号、512バイトからなるユーザ・データおよびECC(Error Correction Code)からなる複数のデータ・セクタに区分されている。さらに、記録領域15には、離散的領域に複数のブロックとしてサーボ・データが記録されている。3枚の磁気ディスク11は、それぞれ表面および裏面を記録領域として使用し、1トラックを含む円筒形に含まれる6枚の記録面の6つのトラックで1シリンダを形成する。

【0014】非記録領域19の表面にはテクスチャが施されており、CSS方式で磁気ディスク11の回転を開始する際に、磁気ヘッド17のスライダ（図示せず）と磁気ディスクの非記録領域19との間の摩擦力を低減する。アクチュエータ・アーム21は、VCM（ボイス・コイル・モータ）23により駆動され、磁気ディスク11の表面を矢印Aの方向に回動する。アクチュエータ・アーム21は3枚の磁気ディスクに対応した積層構造を備え、その各先端部には、各磁気ディスクの上面および下面に対して弾力が付与された柔軟な部材を介して6つの磁気ヘッド17がそれぞれ取り付けられている。磁気ヘッド17はスライダとスライダに装着された読取り専用のGMRセンサ（図示せず）と書き込み専用の誘導型変換器とで構成されている。GMRセンサはデータの読取り時、書き込み時およびシーク時にはサーボ・データを読取り、さらに読取り時はユーザ・データを読み取る。AE（Arm electronics）モジュール27はアクチュエータ・アーム21に装着され、GMRセンサにバイアス電流を供給すると共に磁気ディスク11に記憶されたデータを読み取ってヘッド17が生成した再生信号を増幅し、書き込み用変換器に書き込み電流を供給し、さらにGMRセンサのリセット用のパルス電圧を生成し供給する。

【0015】データの書き込みまたは読出し時には、アクチュエータ・アーム21が回転している磁気ディスク11の表面上を矢印Aの方向に回動し、GMRセンサが記録領域15の表面上の任意のトラックの位置を走査するシーク動作を行う。このときスライダは磁気ディスク1

1の表面に生じた気流により浮上力を与えられ、磁気ヘッド17は磁気ディスク11の表面から一定の距離を保って浮上しその距離が維持される。制御部25は、アクチュエータ・アーム21の動作を制御しかつデータの読み書きを実行する電子回路を含む。さらに図3において制御部25は、VCM制御部31を通じてアクチュエータ・アーム21のシーク動作を制御し、さらに読み書き回路部37を通じて磁気ヘッド17の読み書き動作の制御をする。読み書き回路部37はハード・ディスク・コントローラ(HDC)39に接続される。読み書き回路部37は、ユーザ・データのデジタル信号と、磁気ヘッドに供給された磁気ヘッドで生成された電流信号とを双方向に変換するリード・ライト・チャネルである。本実施例ではパーシャル・レスポンス(Partial Response)チャネルを採用している。

【0016】HDC39にはメモリ(RAM)43と、インターフェース41を介して上位コンピュータ51が接続される。HDC39は、RAM43の制御、RAM43とディスク11間でのデータの転送、IDテーブルの作成、およびサーボ・データから位置エラー信号(PES: Position Error Signal)を生成し、ヘッドの位置情報を演算処理装置(MPU)33に送る。RAM43には、装置起動時にディスク11から読み出された装置制御用のマイクロ・コード、IDテーブル等が格納される。HDC39はMPU33に接続され、MPU33にはメモリ(ROM)35およびVCM制御部31が接続される。MPU33は上位コンピュータ51から送られたコマンドを解釈してHDC39にIDテーブルを作成させ、さらにコマンドで指定されたアドレスに対してデータの読み書きを行うように命令し、また磁気ヘッドを所定のトラックにシークするための制御情報を、HDCで生成されたヘッドの位置情報に基づいてVCM制御部31に送る。

【0017】VCM制御部31は、MPU33からの制御情報に基づいて、磁気ヘッド17を所定のトラックに位置付けるようにVCM23を駆動する。ROM35には、装置の起動に必要なマイクロ・コードが格納されている。本実施例を実行するプログラムは、装置の起動時にERPの一部として磁気ディスク11からRAM43に読み出され、MPUは装置にエラーが発生したときに、その時点での装置の動作モードに応じて書き込みERP、読取りERP、およびシークERPを所定の手順で実行するように各部を制御する。次に装置に何らかの動作エラーが生じたときに、ERPにおいてGMRセンサにリセット電圧を印加するかどうかの判断をする手順を図4のフローチャートに基づいて説明する。以後の手順を実現するために示した具体的なハードウェアは、本実施例を説明するためだけであり、同様の手順を他のハードウェアで実現することも本発明の技術思想の範囲に含まれる。

【0018】磁気ディスクの各セクタにユーザ・データが書込まれるときには、データのビット・パターンに従って生成されたデータ・エラー検出および訂正に使用するECCがHDC39で計算され、ユーザ・データと共に磁気ディスクに自動的に書き込まれる。読取り時に、正しいセクタ・アドレスにアクセスしても読み取ったユーザ・データのビットにエラーが生じ、かつHDCがECCを利用して正しいデータに再現できないときには読取りエラーになる。また、指定されたアドレスと異なるアドレスにアクセスしてデータを読み取った場合も読取りエラーになる。書き込み時は、GMRセンサでサーボ・データを読み取りながら各トラックの書き込み中心位置でかつ指定されたセクタにヘッドの書き込み用変換器を位置付けるサーボ制御をする必要がある。しかし、サーボ制御が正常に働かないため所定時間以内にヘッドをシリンドラに位置付けて書き込み可能な状態にできず、さらに代替セクタに書き込みセクタのアドレスをリアサインしても書き込みができない場合には書き込みエラーになる。リアサインは、ERPの中の欠陥セクタ再配置(ADR: Automatic Defect Re-allocation)手順で実行され、リアサインが成功すれば装置のエラーにはならない。シーク時に正しいサーボ・データを読み取れないことにより、所定のシリンドラに所定の時間内でヘッドを位置付けることができない場合はシーク・エラーになる。

【0019】動作エラーには、ハードウェアに対する処置で解決する必要があるものとソフトウェアで対処可能なものがある。ERPはソフトウェアで自動的にエラーの回復を図る。書き込み、読取り、およびシーク等の動作中にエラーが生じるとブロック101で装置はそれを検知し、MPUはそのエラーを回復するために特定のERPを選択して実行する(ブロック103)。ERPは軽微な処置から高度な処置までエラーを回復させるための所定の複数の実行ステップで構成されている。読取りERPは50ないし100の実行ステップからなり、書き込みERPは20ないし50の実行ステップからなり、シークERPは約10ステップからなる。ERPでエラーを回復できた場合は(ブロック105)、ブロック107に移行し装置は稼働を継続する。このとき読取り動作時は、エラー回復までにERP実行ステップが進行した程度、すなわちエラーの程度の大きさに応じてリアサインをする場合がある。読取り動作でERPの最終ステップまで実行してもエラーを回復できない場合、または書き込みERPでリアサインを失敗した場合には、エラーであると判断する。しかしGMRセンサを使用する本実施例の装置では、エラーであると確定してホスト・コンピュータに知らせる前に、GMRセンサがエラーの原因であると考えられる場合もあるので、エラーの原因を判断しその回復を図るためにブロック109に移行する。

【0020】GMRセンサはリセット電圧を印加して性能の回復を図ることができるが、エラーの原因がセンサ

11

にはなくセンサの性能が低下していない状態でリセット電圧を印加するとかえってセンサを劣化させる。ブロック109では、エラーの原因がGMRセンサの性能低下にあり、GMRリセットをして性能の回復を図ることが有効であるかどうかを判定するための確認または測定を各ERP毎に定められた内容でおこなう。図6は各ERP毎に最初のGMRリセットの有効性を判断する評価項目である。

【0021】〔ヘッドと記憶媒体との接触〕第1の判断項目であるヘッドと記憶媒体との接触は、記憶媒体上に存在する異物、すなわちTA (thermal asperities) にGMRセンサが接触することにより一瞬センサの温度が上昇してセンサの電気抵抗が変化し、読取り信号に重なるパルス信号(TA信号)を生じさせる原因になる。読取り回路部37はしきい値を越えるTA信号を検知するとその情報をHDC39に送り、HDC39はTA信号を発生させたセクタのアドレスをRAM43に記憶しておく。読取りエラー時に、MPU33はHDC39に対しエラーが生じたアドレスに過去にTA信号が発生していたかどうかを確認し、発生していればそのアドレスのセクタに物理的欠陥がある可能性が高いと判断する。

【0022】〔反規則的書込み〕第2の判断項目である反規則的書込みは、WRITE LONGというコマンドを使用して、磁気ディスクのあるセクタに書込みをしているかどうかを判断する。WRITE LONGコマンドは、ユーザ・データとECCの内容を同時に確定して書込みをすることができるコマンドである。通常の動作ではECCはユーザ・データのビット・ストリームに従って自動的にビット・パターンが決定され、磁気ディスクに書き込まれる。しかし、出荷後に装置の性能評価のためにWRITE LONGコマンドを実行してユーザ・データとECCを意図的にエラーが生じるパターンで書込み、再度そのデータを読み込んでエラーを生じてしまうことがある。WRITE LONGコマンドで書込みをしたアドレスは、MPU33がRAM43に書き込んでおき、ERPの実行時にRAM43を参照してエラーの生じたアドレスとWRITE LONGコマンドで書込みをしていたアドレスが一致するか確認する。アドレスが一致したときは動作エラーの原因はGMRセンサではない可能性が高い。WRITE LONGで書き込んだセクタのアドレスは磁気ディスクに記憶しておき、稼働時にRAMに読み出しておいてもよい。

【0023】〔再生信号のマージン・チェック〕第3の判断項目である再生信号のマージン・チェックでは、現実の再生信号の波形が基準となる再生信号の波形から離れている程度が、最大離れてもよい許容値に対して残しているマージンをPR信号に対するビタビ・マージン・チェック (Viterbi Margin Check) という手法で測定する。読み取ったユーザ・データの波形とユーザ・データのビット・パターンに対応する標準波形を同一サンプリ

12

ング周期でサンプリングし、同一サンプリング時刻での両者の値の差を計算してマージンを計算する。マージンが小さいほど、読み取った信号の信憑性が低いことを示し、マージン以下になるとマージン・エラーになる。再生信号のマージンはユーザ・データの読取り動作中は連続して測定しており、読取りエラーが発生したときにマージン・エラーが発生していない場合は、GMRセンサに動作エラーの原因がある可能性は低い。再生信号のマージン・チェックに関しては、Wood, Peterson, "Viterbi Detection of Class IV Partial Response on a Magnetic Recording Channel," IEEE Trans. May 1986, pp. 454-461, Knudson, Wolf and Milstein, "Dynamic Threshold Implementation of the Maximum Likelihood Detector for the ERP4 Channel," IEEE GlobeCom '91 Conf. Record, vol. 3, GlobeCom, Phoenix, AZ, Dec. 1991, pp. 60B.1.1-60B.1.5に記載されている。PR信号としてのマージン・チェックは、センサからの再生信号が自動利得回路(AGC)およびA/D変換器を経由した後読み書き回路部でおこない、マージン・エラーがあればMPUに信号を送る。マージン・チェックは、普通エラーが生じたセクタに対して行うが、GMRセンサの劣化の有無を知るために標準ビット・パターンを専用のキャリブレーション・セクタに記憶しておき、エラーが発生した直後に当該ヘッドで標準ビット・パターンを読み取るようにしてもよい。

【0024】〔近隣セクタの読取り〕第4の判断項目である近隣セクタの読取りは、読取りエラーが発生したときには同一ヘッドで近隣アドレスにあるセクタの読取りができるかどうかを確認するものである。近隣セクタとしては、エラーが発生したセクタから円周方向および半径方向のいずれの方向にも離れた2個所を選定する。2個所のセクタに対して読取り動作をおこなったときエラーを生じない場合はGMRセンサの原因によるエラーではない可能性が高い。そのときのエラーの原因は、オフトラック書込みされていたセクタの存在や記憶媒体の局所的なエラーと考えることもできる。エラーが生じたセクタに対して近隣にあるセクタは、書込みビットの密度や読取り時の諸条件が近似しているので、記憶媒体に原因があるかどうかを判断するのに適している。また記憶媒体に傷が付く場合は磁気ディスクの半径方向に線状につく場合が多く、シリンダおよびセクタをずらした位置で読取りを行うことはこれを避ける意味で適している。

【0025】本実施例では図7に示すようにエラーを生じたセクタ301に対し、近隣のトラック303および305を近隣セクタとして選択する。一例としてトラックの離隔数を $K=1$ ないし100程度に選定し、セクタの離隔数を $L=1$ ないし10程度に選定する。しかし本発明の技術思想は、エラーが生じたセクタとできるだけ読取りおよび書込み条件が類似し、かつ媒体の傷を避けたセクタで再度読取りを実行して、GMRセンサに原因

があるかどうかを評価することにより、LおよびKの選定およびアクセスする近隣セクタの数は実施例の範囲に限定されるものではない。再読取りでエラーがあるかどうかは、ECCを利用してHDC39が判断し、エラーがあればHDCはMPUに信号を送る。

【0026】[実行を禁止しているERP実行ステップの存在] 第5番目の判断項目である実行を禁止しているERP実行ステップの存在は、ERPが所定のステップ数実行されたかどうかを確認するためのものである。出荷時はすべての実行ステップを実行するように設定しているが、ユーザが装置の性能評価のためにERPのステップを一部実行しないように設定変更する場合がある。少ないERP実行ステップだけでは、本来すべての実行ステップで回復できたはずのエラーが回復できない場合もあり、これに起因するエラーでGMRリセットをしてかえってヘッドにダメージを与える場合もある。またすべてのERPを実行すればエラーを回復できる場合があるので、所定のERP実行ステップ数がアクティブになっていない場合に読取りまたは書込みエラーが発生してもGMRリセットはしないほうがよい。ERP実行ステップのうちどのステップがアクティブになっているかの情報はRAMに記憶される。

【0027】[近隣シリンドラのシーク] 第6番目の判断項目である近隣シリンドラのシークは、読取りまたは書込み動作がシーク・エラーで中断される場合に近隣のシリンドラに再度シーク動作を行い、シークを完了できれば当初のエラーは局所的な媒体に原因があると判断でき、GMRセンサの性能の劣化がエラーの原因ではないと判断できる。

【サーボ制御チェック】 第7番目の判断項目であるサーボ制御チェックは、位置エラー信号(PES)の安定性、グレイ・コードの読取りミスおよびサーボ制御のロック・アンロックを判断するものである。磁気ディスクに離散的なブロックとして記録されたサーボ・データを読み取った信号からHDC39はPESを生成し、トラック内でのヘッドの位置を認識する。HDCは所定ブロック数のサーボ・データにおいて連続して、ヘッドがトラックの中心付近の所定の範囲内に位置付けられているかどうかの判断をする。この場合、サーボ・データは連続して正しく読めているのでGMRセンサの性能は低下していないと判断できる。PESが安定していない原因はスピンドルのゆれや装置の振動等とも考えられる。

【0028】さらにエラーの生じたアドレスに関連してグレイ・コード(Gray Code)のミスリードがあったかどうかを判断する。グレイ・コードのミスリードとは、書込みデータのアドレスがホスト・コンピュータから指定されたアドレスと一致しない場合をいう。書込みを行う前には、シーク動作を完了させて正しいトラックにヘッドを位置付ける必要があるが、再生信号のS/N比が増大したような場合は、シリンドラおよびセクタの位置情

報を示すグレイ・コードを誤って読み取ることがある。この場合近隣のトラックのサーボの状態に問題がなければGMRセンサに原因がある可能性は低い。ホスト・コンピュータからコマンドで指定された書込みアドレスと実際に読み取っているアドレスが一致するかどうかはHDCが判断する。さらにまたサーボ制御のアンロックがあったかどうかを確認する。アンロックは、グレイ・コードをまったく読むことができずサーボ・データの位置がわからない状態である。この場合も、近隣のトラックにシークできればGMRセンサに原因がある可能性は低い。

【0029】[再生信号波形の誤差] 第8番目の評価項目である再生信号波形の誤差は、磁気ディスクにキャリブレーション・セクタを設けてあらかじめ記録しておいた標準ビット・パターンをセンサに読み込ませ、そのときの実際の再生信号の波形とそのビット・パターンに対する理想的な標準波形との間の差を測定し比較する。本実施例では、周知の指標である平均二乗誤差(MSE: Means Square Error)という尺度をつかって評価する。しかし、本発明の思想にはキャリブレーション・セクタから再生信号を生成して、標準信号との間の差を他の尺度で測定する方法、たとえばAEの出力信号の振幅を調べる方法、SER(Soft Error Rate)の測定等を含む。さらに、自動利得回路(AGC)の増幅率から間接的にセンサの出力値が標準の値から減少した程度を測定する場合も含む。MSEの値は再生信号がA/D変換器を通過した後に読み書き回路部で測定し、その値が小さい場合にGMRセンサの性能は良いと判断する。

【0030】キャリブレーション・セクタには、NRZで00hやFFhというようなビット・パターンを製造のテスト段階で書き込んでおく。MSE測定用のビット・パターンは、最小磁化単位(1T)のランジェントを含まないようなパターンであって、性能が低下したGMRセンサからでも評価データを得やすいような読みやすいパターンを選定し、さらにヘッド出力が大きく現れる内周側シリンドラに書込むことが好ましい。また、キャリブレーション・セクタの標準ビット・パターンを使用しないで、読み取ったユーザ・データのビット・パターンから再生信号波形の誤差を測定することもできる。本評価項目は、読取り、書込み、およびシークの各エラー発生時に適用できる。

【0031】波形信号の誤差を評価するには、本実施例で採用したように絶対値を基準にする方法の他に、製造時のテスト段階であらかじめ測定したデータを磁気ディスクに記録しておいてエラー発生時の値と比較することもできる。波形信号の誤差の値には測定時の装置の温度および気圧等が影響を与えるので、製造時の値と比較するには、エラー発生時の装置の動作温度および気圧等により測定値を補正することが好ましい。補正には、エラーの原因となったヘッドだけでなく、他のヘッドの測定

15

値も利用することが好ましい。

【0032】[リアサインの原因ヘッドとリアサインの行先ヘッドの一致]第9番目の評価項目として、リアサインの原因ヘッドとリアサインの行先ヘッドが一致するかどうかを判断する。書込み時のエラーの原因は、書込み時点でGMRセンサがサーボ・データを読み取って正確な位置にヘッドを移動させることができない場合に生じる。サーボ・データの読取りエラーの原因には、GMRセンサ以外にもスピンドルのゆれや装置の振動等がある。書込みエラーが発生すると、ADRは自動的に移動先のセクタにデータを書込み、その結果エラーが生じなければエラーは回復したものとして取り扱うのでGMRリセットはしないが、移動先のセクタでもエラーが発生した場合に本判断項目を実施する。リアサイン先の代替セクタは、所定のシリンダに割り当てられており、MPUはリアサインの行先アドレスをその中から選定するので、リアサインの原因ヘッドと行先ヘッドが同じであるという保証はない。図2で説明すれば、最も上の磁気ディスクの上面で書込みエラーが発生したとき、リアサイン先としては2番目の磁気ディスクの下面の代替セクタである場合もある。リアサインの原因ヘッドと行先ヘッドが一致する場合は、動作エラーの原因はGMRセンサの性能低下である可能性が高いが、ヘッドが異なる場合はGMRセンサ以外の原因である可能性が高い。

【0033】ブロック109に続いてブロック111では、最初のGMRリセットをするかどうかを判断する。以下の(1)ないし(10)のいずれか1つに該当すれば、他の評価項目の結果にかかわらずGMRリセットは中止する。

(1) エラーが発生したアドレスに関してヘッドと記憶媒体の物理的接触が発生していた。

(2) エラーが発生したアドレスに人為的に反規則的な書込みがされていた。

(3) 再生信号のマージンが十分あって動作エラーが発生した際にマージン・エラーが発生していない。

(4) エラーが発生したアドレスに対し同一ヘッドで近隣アドレスのセクタのデータを読取りできる。

(5) ERPの実行ステップのなかで実行が制限されているステップがある。

(6) エラー発生時の目標トラックの近隣トラックをシークしてシーク完了できる。

(8) 再生信号波形の誤差が基準値に入っている。

(9) 書込みまたはシーク・エラーの原因がPESの不安定性にあるためにシーク完了できない。

(10) 動作エラーの原因がグレイ・コードの読取りエラーおよびサーボ制御アンロックにあり、かつ近隣シリンダのシークができる。

(11) 書込みエラーで発生したリアサインの原因ヘッドと行先ヘッドが一致しない。

【0034】上記各判断項目の結果はすべてMPUに集

16

められ、MPUはリセットをするかどうかを決定する。上記の判断項目の適用は一実施例を示すもので、一部の項目の削除、二以上の項目の組合わせさらに他の項目の追加も適宜可能である。最初のGMRリセットをする場合はブロック115に移行し、リセットをしない場合はブロック113に移行してエラーを確定する。ブロック115ではブロック109で測定したMSEの値をINITIALおよびPREVIOUSの値に設定して2回目移行のGMRリセットの判断に供する。続いてブロック117では、MPUがAEにパルス電圧の設定値と共にリセット命令を送り、AEはパルス電圧をGMRセンサに供給して最初のGMRリセットをおこなう。本実施例では最初のパルス電圧は0.8Vないし1Vの範囲で選定する。GMRリセットをおこなうときのヘッドの制御に関しては、本発明の実施例として後述する。

【0035】最初のGMRリセットをおこなった後は、ブロック119に移行してERPを再実行しエラーの回復を図る。ブロック119で実行するERPの実施項目数は全数でもよいが、GMRセンサの性能低下に関係のある項目に限定し、読取りERPおよび書込みERPでは5ないし20ステップにし、シークERPでは2ないし3ステップ程度にするのが好ましい。ブロック119を実行してエラーが回復したことをブロック121で確認すれば、ブロック123に移行して装置は稼働を継続する。エラーが回復しない場合は、GMRリセットを複数回繰返してセンサの性能の回復を図るためにブロック125に移行する。このときリセット電圧は徐々に上昇させることが好ましいが、許容最大電圧以内に制限しないとセンサは損傷してしまう。ブロック125では、ブロック117で印加したリセット電圧が最終電圧である最大許容電圧であったかどうかを判断し、最大許容電圧を印加していたにも係らずエラーが回復していない場合は、ブロック127でハード・エラーを確定して、ホスト・コンピュータに知らせる。本実施例では、最大許容電圧を1Vないし1.5Vの範囲に設定する。最大許容電圧は装置内部に設けた温度センサに従って変更することもある。ブロック117で印加したリセット電圧が最大許容電圧でない場合は、ブロック129に移行して2回目以降のGMRリセットの判断およびリセット電圧の設定を実行する。

【0036】図4のブロック129の詳細を図5に示す。図5のブロック151では、ブロック117のGMRリセット後の今回のMSEを測定する。MSEの測定に関しては、図4のブロック109で説明した内容に従う。ブロック153では、MSEが測定できたかどうかを判断し、MSEが測定できない場合はブロック115で設定したMSE(PREVIOUS)が測定できていたかどうかをブロック155で判断する。MSE(PREVIOUS)の値は、3回目移行のGMRリセットの判断をする際は、後述するブロック165で書き換えら

17

れる。ブロック155でMSE (PREVIOUS) の値を測定できていた場合は、直前のリセットでヘッドの性能が低下したと考えられ、ブロック157に移行してハード・エラーを確定しそれ以上のリセットはしない。

【0037】直前のリセットの前後においてMSEの値が測定できなかった場合は、ブロック167に移行して次のリセットのためのリセット電圧を設定し、さらに図4のブロック117に移行して2回目以降のリセットをする。ブロック153で今回のMSEが測定できた場合は、ブロック159でMSE (PREVIOUS) が測定できていたかどうかを判断する。MSE (PREVIOUS) が測定できていた場合は、ブロック161で今回のMSEがMSE (PREVIOUS) に比べてk倍 ($k > 1$) 以上であるかどうかを評価する。今回のMSEの値がk倍以上の場合は、リセットによりヘッドの性能が低下したと判断し、ブロック157に移行して次のリセットはおこなわない。ブロック161で今回MSEの値がMSE (PREVIOUS) のk倍より小さい場合は、さらにブロック115で設定したMSE (INITIAL) に比べてp倍 ($p > 1$) 以上であるかどうかをブロック163で評価する。本実施例では、 $k = p = 1.5$ に設定する。今回のMSEの値がMSE (INITIAL) のp倍以上の場合は、リセットによりヘッドの性能が低下したと判断し、ブロック157に移行して次のリセットはおこなわない。

【0038】ブロック159でMSE (PREVIOUS) の値が測定できていなかった場合は、エラーの回復までには至っていないにしても、今回MSEが測定できたことよりリセットでセンサの性能は回復方向にあると考えられるので、さらにリセットをしてエラー回復できるようにするためにブロック165に移行する。ブロック163で今回のMSEの値がMSE (INITIAL) のp倍の値より小さい場合は、リセットによりヘッドの性能が低下傾向にないと判断し、ブロック165に移行する。ブロック165では、MSE (PREVIOUS) の値をブロック151で測定した今回のMSEの値に設定する。続いてブロック167で次のリセット電圧を設定してブロック117に移行し次のリセットをおこなう。本実施例では、最初のリセット電圧 $n1$ を0.8ないし1Vの範囲で選定し、最大許容電圧 $n6$ を1V 40ないし1.5Vの範囲で選定する。さらに、最初のリセット電圧と最大許容電圧との間のリセット電圧 $n2$ ないし $n5$ を $n1 < n2 < n3 < n4 < n5 < n6$ となるように適宜選定することができる。

【0039】本実施例でリセット電圧を印加する場合には、今回のMSEが測定できた場合と測定できない場合の両方が含まれる。MSEを測定できない場合は、リセットでヘッドの性能が向上したかどうかを知ることはできないので、リセットでヘッドの性能が逆に低下していたような場合は、ブロック167で高いリセット電圧を 50

18

印加するとヘッドを損傷してしまうことがある。しかし、MSEの測定ができた場合は測定できない場合に比べてリセット電圧の最大値を高い値に設定できる。MSEの測定ができる場合は、ヘッドの性能の変化を確認しながらリセット電圧を徐々に上昇させることにより、センサが損傷するパルス電圧の直前の値のパルス電圧まで印加して数回リセットを繰返すことができ、センサの損傷を生じさせることなく劣化回復の機会を増大させることができる。図4のブロック101ないし105は装置が稼働中に従来のERPではエラーが回復できない場合に、最初のGMRリセットの判定をするブロック109に進むが、装置の電源を入れた時点でPOR (Power On Reset) プログラムを実行してヘッドおよびシリンダの性能を確認しエラーが発生した時点でブロック109に移行するようにしてもよい。

【0040】上記で説明したGMRリセットの判断は、エラーが発生してERPを実行してもエラーを回復できない結果ハード・エラーであることを確定する直前の状態に至った後におこなうものであるが、次に他のリセットの判断方法の実施例としてヘッド毎にカウントしたリアサイン数が所定の値に到達した場合にリセットする方法を説明する。読取り動作中にデータの読取りのためにERP実行ステップを多く必要とした場合、ERPの実行過程で読取りデータが記憶されているユーザ・セクタの内容を代替セクタのアドレス先にリアサインすることがある。また、書込み動作中に指定されたセクタのアドレスにデータを書き込めない場合にも、ERPの実行過程で代替セクタに書込みをリアサインすることがある。いずれの場合もリアサインが成功すればエラーは回復されたことになりハード・エラーにはならない。リアサインが発生する原因は種々あるが、リアサイン数が増大することの原因の1つにGMRセンサの性能が低下していることも含まれる。しかも代替セクタは有限でありそこへのアクセスにはシークのための余分な時間を要するため、リアサイン数が増加することは好ましくない。

【0041】図8はリアサイン数が所定値以上になった場合にGMRリセットする実施例を説明するフローチャートを示す。ブロック201で装置に書込みエラーまたは読取りに多数のERP実行ステップを必要とした場合、ブロック203で書込みエラー回復および将来の同一アドレスのリードに備えてリアサインをおこなう。次にブロック205では、リアサインがおこなわれた時点でリアサイン元のアドレス、リアサイン先のアドレスをRAMに記憶すると共に、磁気ディスクにも記憶する。さらにリアサインの数をリアサインの原因になったヘッド毎にカウントする。続いてブロック207では、ヘッド毎のリアサイン数を基準値と比較する。

【0042】本実施例では基準値を200回に設定する。ブロック207でリアサイン数が基準値以下の場合、ブロック219に移行し装置は稼働を継続する。リ

19

アサイン数がいずれかのヘッドに関して基準値を越えた場合は、ブロック209で、当該ヘッドについて基準値に達したのは最初かどうかを判断する。基準値に達したのが始めてではない場合は、GMRリセットはおこなわずブロック219に移行する。基準値に達したのが始めての場合は、ブロック211に移行しMSEを測定する。MSEの測定は、図4のブロック109に関して説明したとおりで、キャリブレーション・セクタの標準ビット・パターンを読み取っておこなう。また、MSEに代えてSERおよびAGCの増幅率を測定してもよい。¹⁰ 続いてブロック213ではMSEの値を基準値と比較する。MSEが基準値より小さい場合は、リアサインの原因はGMRセンサ以外にあると判断しブロック219に移行する。MSEを測定できない場合、およびMSEが基準値以上ある場合は、センサが劣化していると判断しブロック215でリセット電圧を設定して、ブロック217でGMRリセットを行う。

【0043】さらにブロック217からブロック211に移行し、GMRリセット後にMSEを測定し、MSEの値が基準値に入るまでリセット電圧を上昇させながらGMRリセットを繰り返すことができる。この場合リセットによりMSEの値がセンサの性能の低下傾向を示したら、リセットを中止することが好ましい。本実施例では、基準値を1つだけ設けたが、リアサインによるGMRリセットを複数回実行するために各ヘッドのリセット回数毎に複数設定することができる。たとえば、200回、400回および600回の3つの基準値を設定し、あるヘッドに関して最初のGMRリセットである場合はリアサイン数の累計が200回に到達したかどうかで判断し、2回目および3回目のGMRリセットである場合はリアサイン数の累計が400回および600回に到達したかどうかで判断する。リアサイン数によるリセットを複数回実行する場合は、最大リセット回数を設定してそれ以内の場合に限って実行することが好ましい。

【0044】次に図8のブロック217に続いて、実施済みのリアサインをキャンセルして代替セクタのスペースを確保する実施例を図9のフローチャートで説明する。ブロック301では、リアサイン先の代替セクタに余裕があるかどうかを判断し、余裕がある場合はリアサインのキャンセルをしない。余裕がない場合は、以降の⁴⁰ エラーをリアサインにより回復できないので、ブロック303に移行する。ブロック303では、リアサイン元のデータ・セクタが使用可能であるかを確認するために読み書きのチェックをする。リアサインを回復できるときすなわちリアサインの原因になったセクタに、ERPを実行しなくても簡単にデータの読み書きができる場合はブロック307でリアサインをキャンセルして、代替セクタに記憶しておいたデータをもとのユーザ・セクタに書き直し、ブロック309に移行して装置の稼働を継続する。他のGMRリセットの必要性を判断する方法と⁵⁰

20

して、ヘッド毎のダミー書込みの回数をカウントし、所定数になった時点で不調になったGMRセンサをリセットをする方法がある。一般にシークERPでは、GMRセンサの性能が低下して生じた書込み動作の不安定さを解消する場合に他のアドレスにダミー書込みを行ってエラーの回復を図るので、ダミー書込みが成功してエラーを回復できたとしても、ヘッド毎のダミー書込みの回数は当該ヘッドの劣化の傾向を示す。

【0045】次にGMRリセットを行う場合に、ヘッドに対する外部磁界の影響を排除してGMRリセットを高速かつ確実にこなう方法について説明する。GMRセンサのリセットは、GMRセンサにリセット電圧を印加してパルス電流によりブロッキング温度以上に温度を上昇させ、パルス電流で固定層の磁界を所定の方向に維持しながら冷却して固定層の磁化方向を再構築する。GMRセンサにリセット電圧を印加してGMRセンサの温度をブロッキング温度以上に上昇させている間、GMRセンサに記憶媒体からの磁界が作用すると、固定層の磁化方向が期待する方向からずれることがあり、結果としてピン止層の磁化方向も期待する値から変化する。磁気ディスクには、サーボ・データおよびユーザ・データ等が記録されており、各ビットの磁化の方向に応じて磁気ディスク表面に磁力線を放出している。したがって、リセット電圧を印加する時点ではヘッドを磁気ディスクから放出された磁力線の影響のない位置に配置している必要がある。

【0046】第1の方法は、図10に示すように特定のトラック401のセクタの一部403にDCイレイス(erase)したリセット領域を設け、ヘッドがリセット領域に位置付けられた時点でリセット電圧を印加する方法である。リセット領域は磁区が外部に磁界を放出しない方向に向けられている領域で、あらかじめ磁気ディスクの一部に形成しておく。GMRリセットが必要であると判断したヘッドは、読取りができないかまたは信頼性が低下しているので、トラック403にヘッドを位置付けるためのサーボ・データの読取りを他のヘッドで行う。サーボ・データの読取りをしているヘッドによるシーク動作およびサーチ動作により、リセットに係るヘッドがリセット領域に達したと判断した時点で能動ヘッドをリセット対象のヘッドに切り換えて、リセット電圧を印加する。この場合、リセットに係るヘッドとサーボ・データ読取り用ヘッドとの間では、平面方向の位置に多少誤差があると想定できるので、トラック401の両側の同じ位置にDCイレイスした領域を設けたトラック402を設けておくことが好ましい。またリセット電圧は、ヘッドがリセット領域のアドレスに到達してからさらに円周方向に移動し、データ領域407から十分離れて磁界の影響のない位置で印加するのが好ましい。

【0047】第2の方法は、ヘッドを最外周または最内周のシリンダに位置付けるようにアクチュエータ・アー

ムをVCMで駆動してリセット電圧を印加する。最外周または最内周のシリンダには、一般にデータを書き込んでいないのでDCイレイスをしておけば、リセット時に磁気ディスクの磁界の影響を排除できる。ヘッドを最外周または最内周に位置付けるには、サーボ制御を停止した状態でVCMに最大電流または最小電流を流すことで達成できる。この方法では、ヘッドを切り換えてシーク動作およびサーチ動作をする必要がなく、サーボ制御しない状態でVCMを駆動すればよい。第3の方法は、装置を停止してからリセット電圧を印加する方法である。10 磁気ディスクの停止時にヘッドは、ロード・アンロード方式では磁気ディスク表面から離れた位置に配置したランプに係合し、CSS方式ではテックスチャが施された非記録領域に接触している。リセット電圧を印加した後は、ヘッド番号、パルス電圧、総印加回数およびMSE等を記録しておくことにより、以降の動作エラーが発生したときのGMRリセットの判断に利用できる。

【0048】以上実施例として説明したエラーの回復方法を実行するプログラムは磁気ディスクまたはROMに記憶しておき、装置を起動したときにRAMに読み出し20 てエラーが生じた都度MPUに実行させることができる。

【0049】

【発明の効果】本発明により、GMRセンサを使用した情報記録再生装置の性能の向上を図ることができた。さらに本発明により、装置にエラーが生じてERPでは回復できないときに、GMRリセットでエラーの回復を図る際に、GMRリセットをする前にGMRセンサが原因かどうかを判断して、不用意なGMRリセットでセンサの劣化を促進することなくGMRリセットの有効性を高め、迅速にエラーを回復することができた。さらに本発明により、2回目以降にGMRリセットをする際には、最初のリセット前のヘッドの性能と当該予定リセット以前に実施したリセット後のヘッドの性能から、直前のリセットがセンサの性能を逆に低下させていなかったかどうかを判断して当該予定リセットをするかどうかを決定し、2回目以降のリセットの確実性を高めるとともにGMRセンサの損傷を防止することができた。また本発明により、ERPでエラーが回復できる場合であっても、読取りまたは書き込みエラーにより生じたセクタのリアサイン数をヘッド毎にカウントし、GMRセンサの劣化が進行してリアサイン数が増大することにより装置のアク

*セス時間が増大した状態を早期に解消することができ、さらに代替セクタが使い尽くされてしまうことを防止できた。同様にヘッド毎のダミー書き込みのカウント数でGMRセンサの劣化を判断してリセットすることにより、ダミー書き込みによる装置の処理時間の低下を防止し早期にセンサの性能の回復を図ることができた。さらに本発明により、装置内で記憶媒体が発生する磁界の影響を排除してGMRリセットを高速かつ確実におこなうことができた。さらにまた本発明により、GMRセンサの性能低下に関連するエラーの回復に優れた情報記録再生装置を提供できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例を説明するための磁気ディスク装置の概略平面図である。

【図2】 図1の磁気ディスク装置の磁気ディスクおよびアクチュエータ・アーム部分の概略平面図である。

【図3】 図1の磁気ディスク装置の概略ブロック図である。

【図4】 本発明の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図5】 図4のブロック129の詳細を示すフローチャートである。

【図6】 本実施例における最初のリセット判定のための判断項目である。

【図7】 近隣セクタの位置を説明するための概略図である。

【図8】 本発明の実施例を説明するためのフローチャートである。

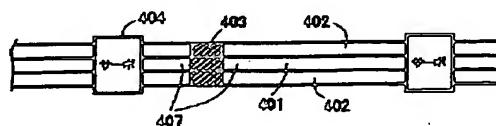
【図9】 本発明の実施例を説明するためのフローチャートである。

【図10】 DCイレイスされた領域を説明するための概略図である。

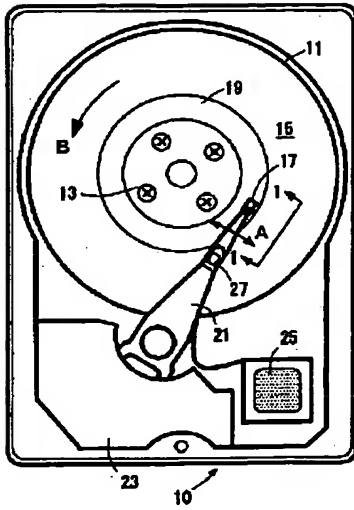
【符号の説明】

- 11 磁気ディスク
- 13 スピンドル軸
- 15 記録領域
- 17 ヘッド
- 19 非記録領域
- 21 アクチュエータ・アーム
- 23 VCM
- 25 制御部
- 27 AEモジュール

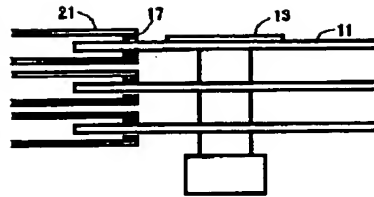
【図10】



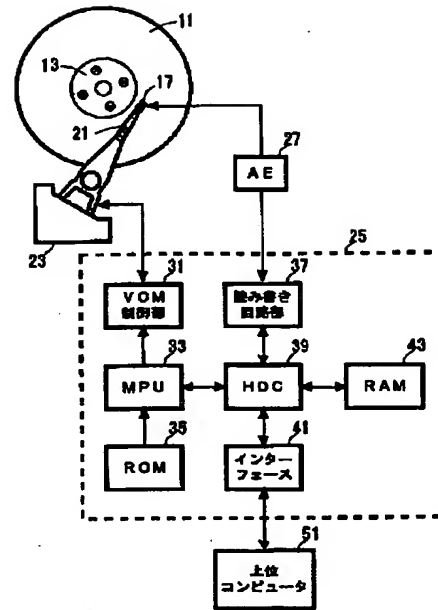
【図1】



【図2】



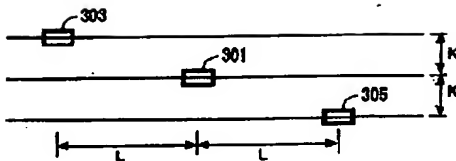
【図3】



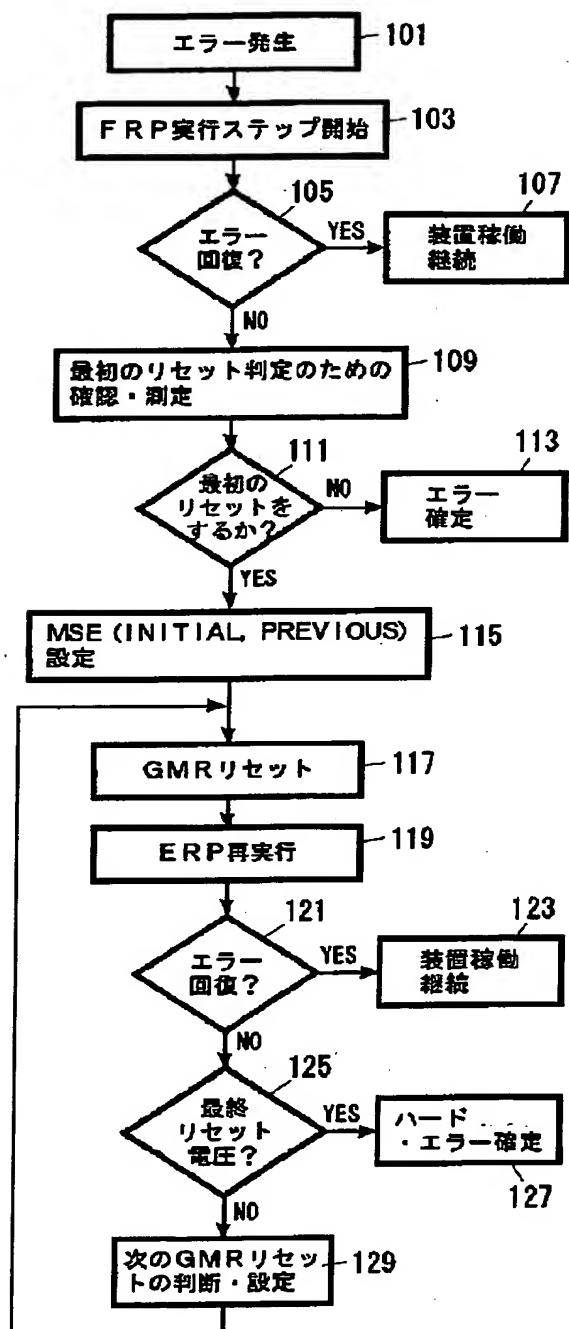
【図6】

番号	判断項目	ERPの種類		
		読取り	書込み	シーク
1	ヘッドと記憶媒体の接触 (TA)	○		
2	反規則的書込み (WRITE LONG)	○		
3	再生信号のマージン・チェック	○		
4	近隣セクタの読取り	○		
5	実行を禁止しているERP実行ステップの存在	○	○	
6	近隣トラックのシーク		○	○
7	サーボ・チェック		○	
8	再生信号波形の粗差チェック (MSE)	○	○	○
9	リアサインの原因ヘッドと行先ヘッドの一致		○	

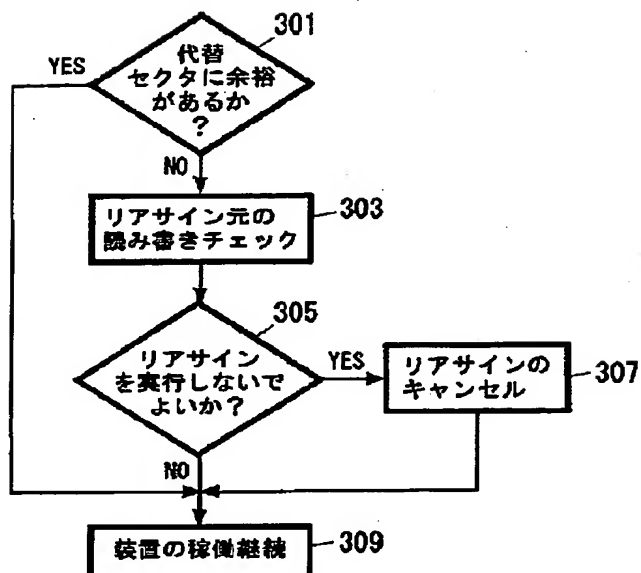
【図7】



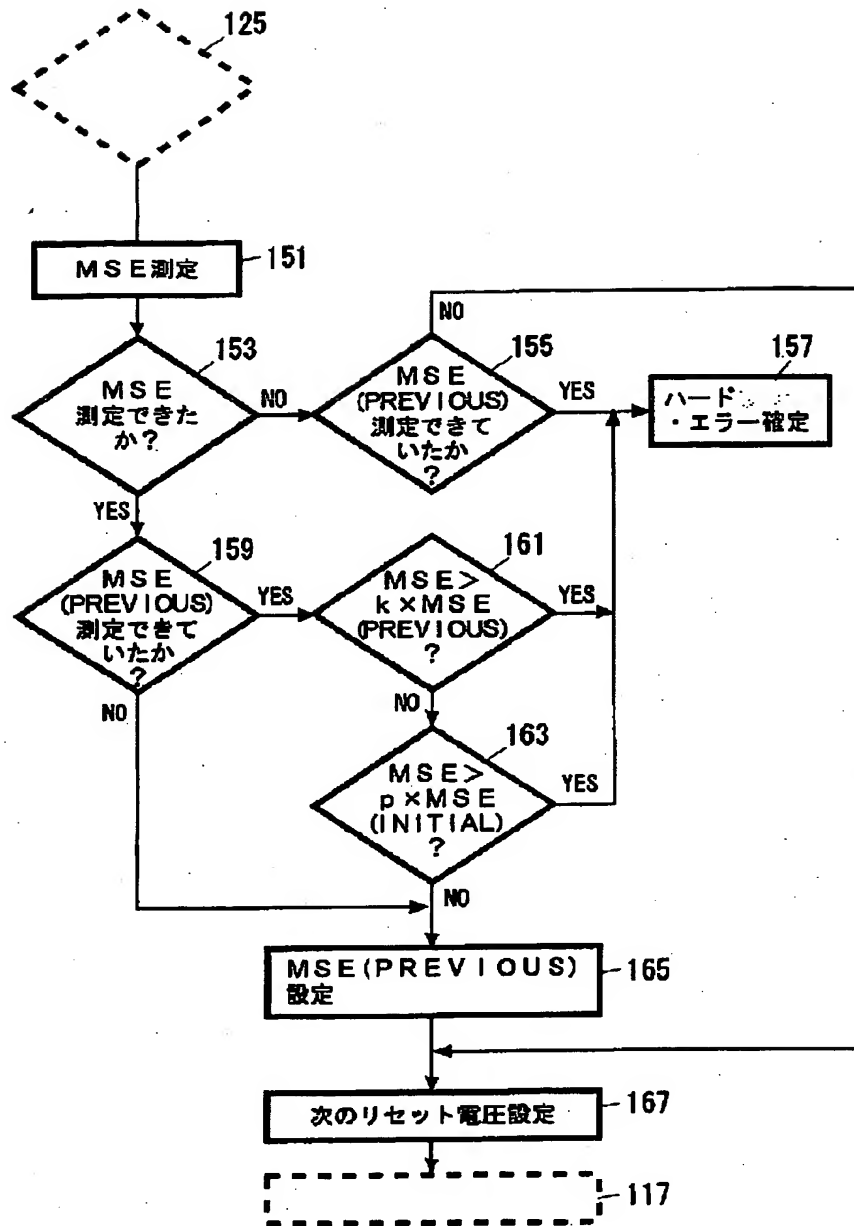
【図 4】



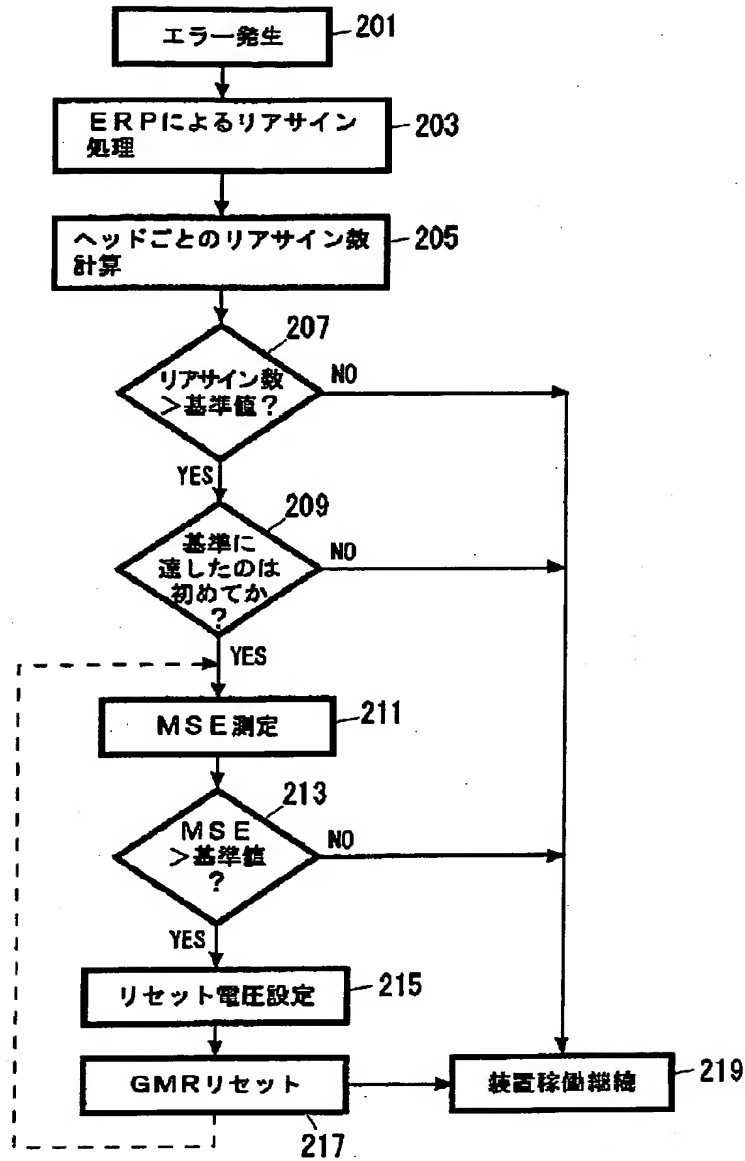
【図 9】



【図5】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 1 1 B 20/18

識別記号

5 0 1

5 7 2

5 7 6

F I

G 1 1 B 20/18

5 0 1 Z

5 7 2 B

5 7 2 F

5 7 6 Z

(72) 発明者 倉知 宏治

神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72) 発明者 須田 克己

神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 浅野 秀夫
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 岡田 謙二
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 高瀬 誠
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 木橋 昭
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 西宮 寛美
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 松井 孝夫
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 遠藤 達也
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

(72)発明者 黒木 賢二
神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・
ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

THIS PAGE BLANK (USPTO